

STUDI PENGARUH TEBAL PELAT TERHADAP LENDUTAN PELAT MENERUS DITINJAU DARI FUNGSI BANGUNAN

Wahzudi¹, Andang Widjaja²

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, wahzudi13@gmail.com

² Dosen Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, andwidj@gmail.com

ABSTRAK

Lendutan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sebuah struktur pelat, tetapi lendutan seringkali diabaikan, pada tabel 8 SNI 03-2847-2002 terdapat tebal pelat minimum untuk pelat satu arah jika lendutan tidak dihitung, dan pada tabel 9 SNI 03-2847-2002 terdapat batas lendutan ijin maksimum, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tebal pelat (h) terhadap lendutan pelat dan melakukan peninjauan terhadap fungsi bangunan (beban hidup) serta bertujuan untuk mengetahui batas lendutan ijin maksimum pada tabel 9 SNI 03-2847-2002 dapat diterapkan pada perhitungan lendutan pelat menerus satu arah.

Jenis metode penelitian ini merupakan metode eksperimen-simulasi komputasi. penelitian ini dilakukan dengan cara membuat beberapa model simulasi pada komputer dengan model pelat menerus satu arah dengan tumpuan sendi. Kemudian model penelitian tersebut diberi perlakuan untuk mengamati pengaruh ketebalan pelat (h), dengan variasi tebal pelat mulai dari tebal 90 mm sampai 170 mm. Pada penelitian ini penulis meneliti optimalisasi tebal pelat (h) berdasarkan fungsi bangunan yang akan mempengaruhi beban hidup (Q_{LL}), fungsi bangunan yang digunakan yaitu: sebagai rumah tinggal sederhana dengan $Q_{LL}=125\text{kg/m}^2$, perkantoran dengan $Q_{LL}=250\text{kg/m}^2$, perpustakaan dengan $Q_{LL}=400\text{kg/m}^2$, dan sebagai auditorium $Q_{LL}=500\text{kg/m}^2$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan lendutan seketika yang terjadi semakin berkurang akibat perubahan dimensi tebal pelat dari 90 mm sampai dengan 170 mm, prosentase penurunan lendutan seketika adalah 15% - 75%, sedangkan prosentase penurunan lendutan jangka panjang berkisar antara 15% - 72%. Selisih antara lendutan seketika dan lendutan jangka panjang berkisar antara 44% - 47% dengan menggunakan faktor ketergantungan waktu ζ sebesar 2,0 untuk jangka waktu lebih dari 5 tahun. Perubahan lendutan seketika dan jangka panjang akibat Q_{LL} yang diterima oleh pelat relatif kecil dimana Q_{LL} sebesar 125 kg/m², 250 kg/m², 400 kg/m², dan 500 kg/m², kenaikan lendutan seketika berkisar antara 25% - 146%, sedangkan pada lendutan jangka panjang adalah 25% - 146%. Penelitian ini menghasilkan menghasilkan tebal yang optimal untuk rumah tinggal sederhana = 110mm, perkantoran = 120mm, perpustakaan = 140mm dan auditorium = 150mm.

Kata Kunci : Pelat menerus satu arah, Lendutan, Beban hidup

ABSTRACT

Deflection is a very important factor in planning a slab structure, but often overlooked deflection, deflection is a function of the stiffness that is multiplying the elastic modulus of concrete (E_c) with a inertia (I). In Table 8 SNI 03-2847-2002 there is a minimum slab thickness of the one way slab if the deflection is not counted, and on the table 9 SNI 03-2847-2002 there are permit maximum deflection limit. This study aimed to determine the effect of slab thickness (h) of the deflection slabs and a review of the functions of the building (live load) and aims to determine the maximum permit limit deflection in table 9 SNI 03-2847-2002 can be applied to the calculation of the deflection plates constantly one way.

This type of research method is a method of experimental-computational simulation. This study is done in a way to make some models in computer simulations with the model of continuous one-way slab with pedestal joints. Later models of the study were given treatment to observe the effect of plate thickness (h), with a thickness variation of the plate thickness ranging from 90 mm to 170 mm. In this study the authors examined the optimization of plate thickness (h) based on the function of the building which will affect the live load (Q_{LL}), the function of the building that are used are: a simple dwelling house with $Q_{LL}=125\text{kg/m}^2$, office with $Q_{LL}=250\text{kg/m}^2$, library with $Q_{LL}=400\text{kg/m}^2$, and the auditorium $Q_{LL}=500\text{kg/m}^2$.

The results showed that the instantly deflection changes that occur on the wane due to changes in slab thickness dimensions of 90 mm up to 170 mm, the percentage decrease in instantly deflection is 15% - 75%, while the percentage decline in the long-term deflection ranged between 15% - 72%. The difference between the instantly deflection and long term deflections ranged between 44% - 47% by using the time dependence of ξ factor of 2.0 for a period of more than 5 years. Changes instantly and long-term deflection due QLL received by slab are relatively small where QLL for 125 kg/m^2 , 250 kg/m^2 , 400 kg/m^2 and 500 kg/m^2 , the increase in instantly deflection ranged between 25% - 146%, while on the long-term deflection is 25% - 146%. This research resulted in produce an optimal thickness for simple residential = 110mm, 120mm = office, library = 140mm and auditorium = 150mm.

Key word: Continuous one way slab, Deflection, Live load.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

SNI -03-2847-2002 merupakan peraturan yang mengacu pada peraturan ACI 318M-99, SNI-03-2847-2002 digunakan dalam perhitungan beton bertulang untuk bangunan gedung, didalam SNI -03-2847-2002 ditetapkan syarat minimum yang berhubungan dengan segi keamanan, ekonomis dan efektifitas.

Sesuai dengan standar tata cara perhitungan beton bertulang gedung SNI -03-2847-2002 pada pasal 11.5.1 yang menyebutkan bahwa “Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan/deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja”, dapat disimpulkan bahwa lendutan untuk pelat harus diperhitungkan guna membatasi lendutan/deformasi yang terjadi.

SNI -03-2847-2002 mengatur tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung sebagai berikut :

Tabel 1.1. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	≥ 20	≥ 24	≥ 28	≥ 10
Balok atau pelat rusuk satu arah	≥ 16	$\geq 18,5$	≥ 21	≥ 8

Berdasarkan uraian dan tabel di atas, belum disebutkan adanya pengaruh tebal pelat (h) terhadap lendutan. Oleh sebab itu penulis melakukan eksperimen untuk mengetahui optimalisasi tebal pelat (h) terhadap lendutan, dan juga melakukan tinjauan terhadap fungsi bangunan dimana beban hidup yang bekerja pada masing-masing fungsi bangunan berbeda.

B. Identifikasi Masalah

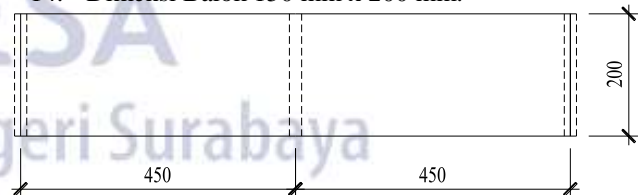
1. Terdapat berbagai macam fungsi gedung, misalnya rumah tinggal sederhana, perkantoran, perpustakaan, auditorium dll, sehingga beban hidup yang bekerja pada pelat juga berbeda dan akan mempengaruhi besarnya lendutan yang terjadi.
2. Bagaimanakah pengaruh ketebalan pelat (h) terhadap lendutan pelat yang terjadi.
3. Berapakah tebal pelat yang optimal pada fungsi bangunan rumah tinggal, perkantoran, perpustakaan dan auditorium.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh tebal pelat (h) terhadap lendutan pelat, jika ditinjau dari fungsi bangunan?
2. Berapakah tebal pelat yang optimal pada fungsi bangunan rumah tinggal, perkantoran, perpustakaan dan auditorium?

D. Batasan Masalah

1. Simulasi komputasi model dan analisis struktur dilakukan dengan program bantu analisis struktur.
2. Perencanaan terbatas pada pelat dengan tebal (h) sebagai berikut : $h = 90$ mm, $h = 100$ mm, $h = 110$ mm, $h = 120$ mm, $h = 130$ mm, $h = 140$ mm, $h = 150$ mm, $h = 160$ mm, dan $h = 170$ mm.
3. Struktur pelat yang digunakan adalah struktur pelat menerus satu arah dengan tumpuan sendi.
4. Jenis struktur adalah struktur beton bertulang.
5. Bentang pelat dalam hal ini ditetapkan dengan bentang bersih terpanjang 4500 mm serta bentang bersih terpendek 2000 mm dengan perbandingan $l_y/l_x = 2,25$.
6. Mutu beton (f_c') beton 30MPa.
7. Mutu baja (f_s) beton 240MPa.
8. Tulangan pelat $\phi 8$ -150 mm.
9. Produk penelitian yang dihasilkan adalah lendutan pelat.
10. Perencanaan pembebanan sesuai dengan peraturan pembebanan indonesia untuk gedung 1983 (PPIUG 1983).
11. Variasi fungsi bangunan yang digunakan adalah sebagai berikut : rumah tinggal sederhana, perkantoran, perpustakaan, dan auditorium.
12. Beban mati yang bekerja pada pelat (selain berat sendiri pelat) dianggap sama untuk masing-masing ketebalan.
13. Berat sendiri pelat tidak dihitung, karena akan dihitung secara otomatis oleh program bantu analisis struktur.
14. Dimensi Balok 150 mm x 200 mm.



Gambar 1.1. Model pelat.

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh tebal pelat (h) terhadap lendutan pelat menerus satu arah.
2. Mengetahui pengaruh fungsi bangunan terhadap lendutan pelat menerus satu arah.
3. Mendapatkan tebal pelat yang optimal pada fungsi bangunan rumah tinggal, perkantoran, perpustakaan dan auditorium, jika lendutan diperhitungkan.

F. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh tebal pelat (*h*) terhadap lendutan pada pelat, jika ditinjau dari fungsi bangunan.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang tebal pelat yang optimal pada fungsi bangunan rumah tinggal, perkantoran, perpustakaan dan auditorium.
3. Memberikan tambahan referensi bagi kalangan akademis khususnya jurusan teknik sipil di Unesa.

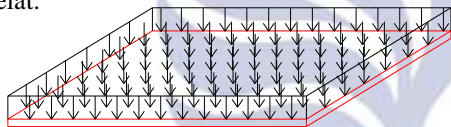
KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pelat

Pelat beton bertulang merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan arah bidang horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur tersebut. (Nurlina, 2008:131).

Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok). Beban yang dimaksud menjadi beban terbagi merata pada bidang permukaan pelat.



Gambar 2.1. Beban yang bekerja pada bidang permukaan pelat

2. Pelat satu arah (One way slab)

a. Bentang teoritis pelat

Perhitungan perencanaan pelat beton bertulang menggunakan istilah bentang teoritis yang dinyatakan dengan *l*.

$$l = l_n + a$$

dimana : l_n = bentang bersih
 a = panjang perletakan pada kedua tumpuan

b. Tebal minimum pelat satu arah

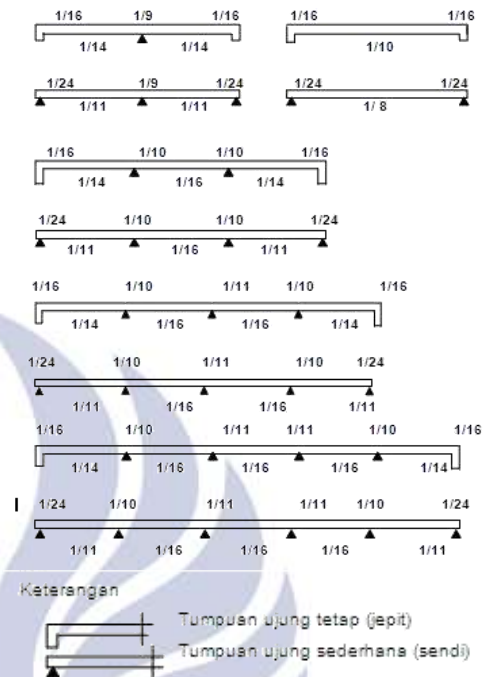
Tabel 2.1. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusak satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

Sumber SNI 03-2847-2002

c. Perhitungan momen dengan menggunakan koefisien momen

Perhitungan momen dapat dicari dengan $Q_U \times L^2$ dikalikan koefisien berikut ini (Kusuma : 1993) :



Gambar 2.4. Koefisien momen.

3. Lendutan

Lendutan atau defleksi adalah perubahan bentuk pada suatu struktur dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada struktur tersebut. (http://en.wikipedia.org/wiki/Deflection_engineering).

Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi setelah terjadi deformasi. Gambar 2.5. (a) memperlihatkan pelat pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.5. (b) adalah pelat dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.5. Lendutan pada pelat.

a. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :

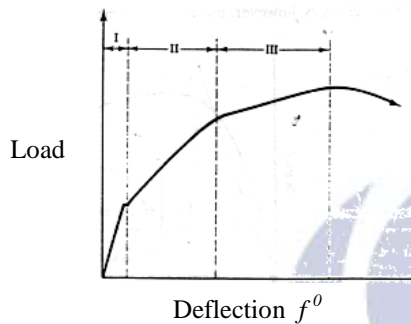
- 1) Kekakuan batang
- 2) Besarnya kecil gaya yang diberikan
- 3) Jenis beban yang terjadi pada batang

b. Perilaku lendutan

Hubungan beban-lendutan beton bertulang pada dasarnya dapat diidealisasikan menjadi bentuk trilineer seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5. Hubungan ini terdiri atas tiga

daerah sebelum terjadinya *rupture*.
(Nawy:2005:293)

- 1) Daerah I : taraf praretak, dimana batang-batang strukturalnya bebas retak.
- 2) Daerah II : taraf pascaretak, dimana batang-batang struktural mengalami retak-retak terkontrol yang masih dapat diterima, baik dalam distribusinya maupun lebarnya.
- 3) Daerah III : taraf pasca-*serviceability*, di mana tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya.



Gambar 2.6. Hubungan beban–lendutan. Daerah I : Taraf praretak, Daerah II : Taraf pascaretak, Daerah III : Taraf pasca-*serviceability*.

c. Jenis-jenis lendutan :

- 1) Lendutan seketika

Lendutan seketika pada komponen struktur terjadi segera setelah beban bekerja dan seketika itu juga terjadi lendutan (Dipohusodo, 1994: 275).

- 2) Lendutan jangka panjang

Lendutan yang timbul secara berangsur-angsur dalam jangka waktu yang lama yang disebabkan oleh rangkakan dan susut beton.(Dipohusodo, 1994: 277)

Rumus standar lendutan untuk balok dan pelat dengan panjang L dan EI konstan:

- a. Pada balok atau pelat tertumpu bebas dengan beban terpusat ditengah bentang (Dipohusodo:1994:276) :

$$f^o = \frac{1}{12} * \frac{ML^2}{EI}$$

- b. Pada balok atau pelat tertumpu bebas dengan beban merata sepanjang bentang (Dipohusodo:1994:276):

$$f^o = \frac{5}{48} * \frac{ML^2}{EI}$$

- c. Lendutan untuk balok atau pelat menerus dapat dicari dengan rumus (Dipohusodo:1994:281):

$$f^o = \frac{5Ln^2}{48EI} * (Mm - 0,1 * (Ma + Mb))$$

Keterangan :

f^o : Lendutan (mm)

M_m : Momen maksimum (N-mm)

L : Panjang bentang bersih (mm)

E : Modulus elastisitas beton (Mpa)

I : Momen Inersia (mm⁴)

M_m : Momen pada tengah bentang

M_a, M_b : Momen tumpuan kanan dan kiri.

Sedangkan untuk menghitung momen inersia adalah sebagai berikut (SNI -03-2847-2002 pasal 11.5.2.3) :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 * I_g + \left\{ 1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \right\} * I_{cr}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari I_g

$$I_g = \frac{1}{12} * bh^3$$

Inersia penampang retak :

$$I_{cr} = \frac{1}{3} * by^3 + n * As(d - y)^2$$

dimana :

$$M_{cr} = \frac{f_r * I_g}{y_t}$$

dan

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'}$$

Letak garis netral (y):

$$y = \frac{n * As}{b} * \left\{ \sqrt{\left(1 + \frac{2bd}{n * As} \right)} - 1 \right\}$$

Nilai I_{cr} yang telah didapatkan harus dibandingkan dengan nilai dari I_g .

Jika $\frac{M_{cr}}{M_{max}} > 1$ maka pelat tidak retak sehingga digunakan $M_{cr} = M_u$ dan $I_e = I_g$ (Wiyono : 2013 : 30)

Tetapi jika $\frac{M_{cr}}{M_{max}} \leq 1$ maka pelat retak sehingga nilai momen inersia efektif, I_e perlu untuk dicari.(Wiyono : 2013 : 31)

Keterangan :

I_g : Momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu, dengan mengabaikan tulangan, (mm⁴)

I_e :Momen inersia efektif untuk perhitungan lendutan, (mm⁴)

I_{cr} : Momen Inersia penampang retak yang ditransformasikan menjadi beton, (mm⁴)

M_{cr} : Momen retak, (Nmm)

M_{max} : Momen maksimum pada komponen struktur di saat lendutan dihitung, (Nmm)

f_r : Modulus keruntuhan lentur beton, (Mpa)

y_t : Jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, (mm)

f_c' : Kuat tekan beton yang disyaratkan, (Mpa)

y : Letak garis netral

Perhitungan untuk lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut dari komponen struktur dicari dengan menggunakan cara mengalikan lendutan seketika akibat beban tetap yang ditinjau dengan faktor (SNI 03-2847-2002 Psl 11.5.2.5):

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

Dimana :

$$\rho' = As'/bd$$

Keterangan :

λ : Pengali untuk penambahan lendutan jangka panjang.

ξ : Faktor ketergantungan waktu untuk beban yang bersifat tetap dalam jangka waktu yang panjang.

ρ' : Rasio tulangan non prategang

As' : Luas tulangan, (mm²)

b : Lebar muka tekan komponen struktur.

d : Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

SNI -03-2847-2002 mengatur besaran faktor konstanta ketergantungan waktu ξ untuk beban tetap pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.4. Faktor konstanta ketergantungan waktu ξ untuk beban tetap.

5 tahun atau lebih	2,0
12 bulan	1,4
6 bulan	1,2
3 bulan	1,0

Sumber SNI 03-2847-2002

Perhitungan lendutan dengan rumus tersebut diatas dapat digunakan dan tidak boleh melebihi dari ketentuan SNI -03-2847-2002 sesuai dengan tabel dibawah ini :

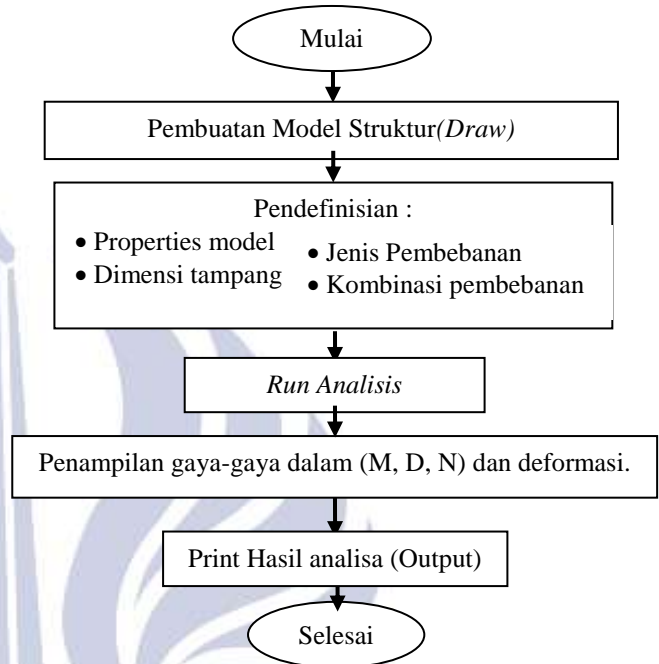
Tabel 2.5. Lendutan ijin maksimum

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{L}{180}$
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{L}{360}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ^F	$\frac{L}{480}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$\frac{L}{240}$

Sumber SNI 03-2847-2002

4. Analisis dengan program bantu analisis struktur

Berikut ini adalah tahapan dalam perencanaan dan analisa struktur dengan menggunakan program bantu analisis struktur 3 dimensi :



Gambar 2.7. Tahapan analisis struktur dengan program bantu analisis struktur.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode penelitian merupakan cara yang ditempuh oleh peneliti dalam melakukan penelitian (Arikunto : 2008). Jenis metode penelitian ini merupakan metode eksperimen dan simulasi komputasi. Eksperimen adalah suatu percobaan atau serangkaian percobaan pada sebuah proses atau sistem, dengan perubahan yang sengaja dilakukan pada variabel input, sehingga kita dapat mengamati dan mengidentifikasi penyebab perubahan pada output sistem tersebut. Simulasi komputasi adalah tiruan dari sebuah sistem dinamis dengan menggunakan model komputer yang digunakan untuk melakukan evaluasi dan meningkatkan kinerja sistem.

B. Rancangan Penelitian

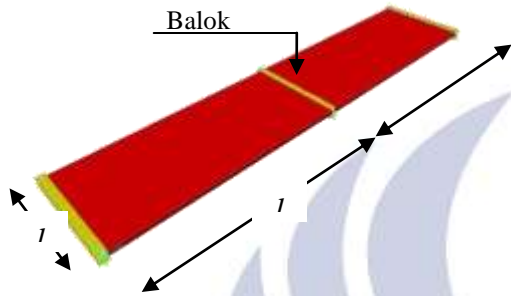
Rancangan penelitian ini dilakukan dengan cara membuat beberapa model simulasi pada komputer dengan model pelat menerus satu arah dengan tumpuan sendi. Adapun model-model penelitian ini adalah model pelat menerus dengan ketebalan 90mm-170mm.

Sedangkan fungsi bangunan yang ditinjau adalah fungsi bangunan sebagai rumah tinggal sederhana, perkantoran, perpustakaan, dan auditorium.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas penelitian ini adalah tebal pelat (h) dan fungsi bangunan.
2. Variabel terikat adalah lendutan pelat.
3. Variabel control adalah beban mati pada pelat, f_c' , dan f_y .

D. Desain Penelitian



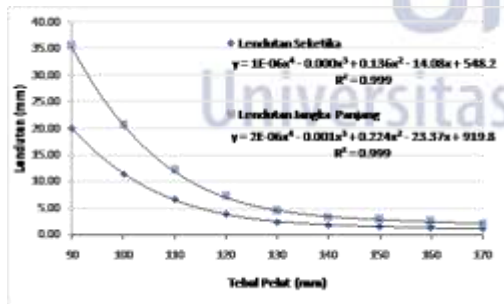
Gambar 3.1. Model pelat menerus satu arah pada masing-masing fungsi bangunan.

Keterangan:

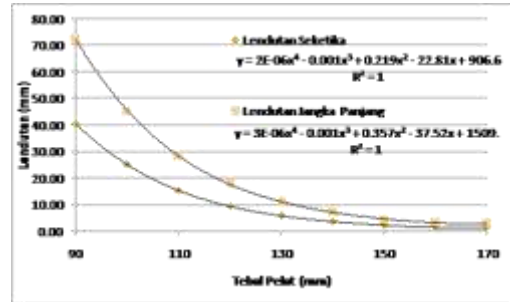
- Bentang pendek (l_x): 2000mm.
- Bentang panjang (l_y) : 4500mm.
- Variasi tebal pelat (h) : 90mm, 100mm, 110mm, 120mm, 130mm, 140mm, 150mm, 160mm, dan 170mm.
- Variasi fungsi bangunan rumah tinggal sederhana, perkantoran, perpustakaan, dan auditorium.
- Mutu beton (f_c') pelat : 30 MPa.
- Mutu baja (f_y) pelat : 240 MPa.
- Tulangan : Ø8-150mm.
- Dimensi balok 150 mm x 200 mm.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

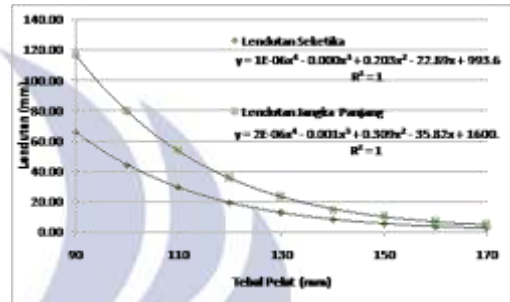
A. Tinjauan terhadap tebal pelat (h)



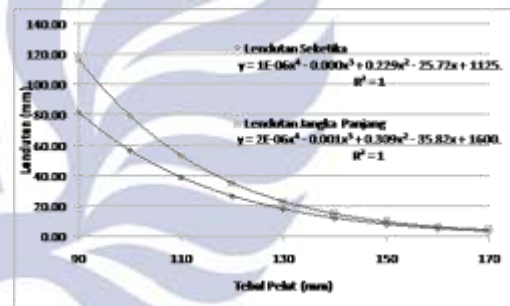
Grafik 4.1. Hubungan dimensi dan lendutan pada fungsi bangunan rumah tinggal sederhana.



Grafik 4.2. Hubungan dimensi dan lendutan pada fungsi bangunan perkantoran.



Gambar 4.3. Hubungan dimensi dan lendutan pada fungsi bangunan perpustakaan.



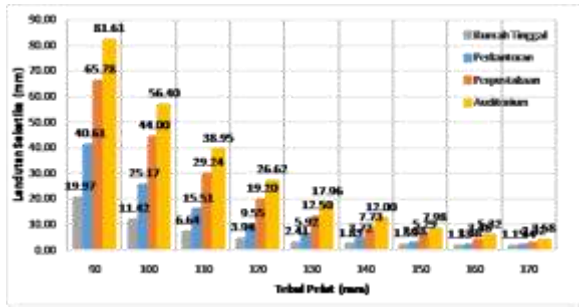
Grafik 4.4. Hubungan dimensi dan lendutan pada fungsi bangunan auditorium.

B. Tinjauan terhadap fungsi bangunan

C.

Tabel 4.22. Nilai lendutan seketika pada masing-masing fungsi bangunan.

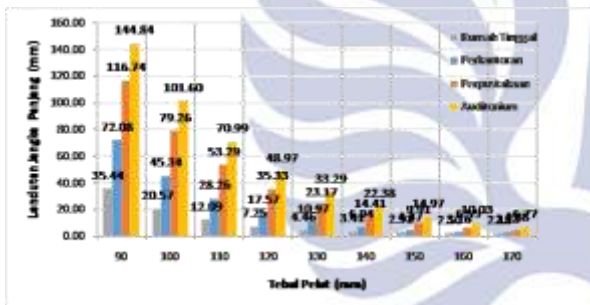
NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)			
		Rumah Tinggal	Perkantoran	Perpustakaan	Auditorium
1	90	19.97	40.61	65.78	81.61
2	100	11.42	25.17	44.00	56.40
3	110	6.64	15.51	29.24	38.95
4	120	3.94	9.55	19.20	26.62
5	130	2.41	5.92	12.50	17.96
6	140	1.83	3.72	7.73	12.00
7	150	1.55	2.38	5.29	7.98
8	160	1.33	1.68	3.48	5.32
9	170	1.15	1.44	2.32	3.58



Grafik 4.6. Hubungan dimensi dan lendutan seketika pada masing-masing fungsi bangunan.

Tabel 4.23. Nilai lendutan jangka panjang pada masing-masing fungsi bangunan.

TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)			
	Rumah Tinggal	Perkantoran	Perpustakaan	Auditorium
90	35.44	72.08	116.74	144.84
100	20.57	45.34	79.26	101.60
110	12.09	28.26	53.29	70.99
120	7.25	17.57	35.33	48.97
130	4.46	10.97	23.17	33.29
140	3.41	6.94	14.41	22.38
150	2.91	4.47	9.91	14.97
160	2.50	3.16	6.55	10.03
170	2.18	2.73	4.38	6.77



Grafik 4.7. Hubungan dimensi dan lendutan jangka panjang pada masing-masing fungsi bangunan.

D. Kontrol lendutan ijin maksimum

1. Kontrol lendutan ijin maksimum pada perhitungan dengan program analisis struktur.

Tabel 4.24. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi bangunan rumah tinggal sederhana (program analisis struktur).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	19.97	35.44	18.75	Not OK
2	100	11.42	20.57	18.75	Not OK
3	110	6.64	12.09	18.75	OK
4	120	3.94	7.25	18.75	OK
5	130	2.41	4.46	18.75	OK
6	140	1.83	3.41	18.75	OK
7	150	1.55	2.91	18.75	OK
8	160	1.33	2.50	18.75	OK
9	170	1.15	2.18	18.75	OK

Tabel 4.25. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi bangunan perkantoran (program analisis struktur).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	40.61	72.08	18.75	Not OK
2	100	25.17	45.34	18.75	Not OK
3	110	15.51	28.26	18.75	Not OK
4	120	9.55	17.57	18.75	OK
5	130	5.92	10.97	18.75	OK
6	140	3.72	6.94	18.75	OK
7	150	2.38	4.47	18.75	OK
8	160	1.68	3.16	18.75	OK
9	170	1.44	2.73	18.75	OK

Tabel 4.26. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi bangunan perpustakaan (program analisis struktur).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	65.78	116.74	18.75	Not OK
2	100	44.00	79.26	18.75	Not OK
3	110	29.24	53.29	18.75	Not OK
4	120	19.20	35.33	18.75	Not OK
5	130	12.50	23.17	18.75	Not OK
6	140	7.73	14.41	18.75	OK
7	150	5.29	9.91	18.75	OK
8	160	3.48	6.55	18.75	OK
9	170	2.32	4.38	18.75	OK

Tabel 4.27. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi bangunan auditorium (program analisis struktur).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	81.61	144.84	18.75	Not OK
2	100	56.40	101.60	18.75	Not OK
3	110	38.95	70.99	18.75	Not OK
4	120	26.62	48.97	18.75	Not OK
5	130	17.96	33.29	18.75	Not OK
6	140	12.00	22.38	18.75	Not OK
7	150	7.98	14.97	18.75	OK
8	160	5.32	10.03	18.75	OK
9	170	3.58	6.77	18.75	OK

2. Kontrol lendutan ijin maksimum pada perhitungan dengan koefisien momen.

Tabel 4.28. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi bangunan rumah tinggal sederhana (koefisien momen).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	19.92	35.35	18.75	Not OK
2	100	10.80	19.45	18.75	Not OK
3	110	6.03	10.98	18.75	OK
4	120	3.54	6.51	18.75	OK
5	130	2.91	5.39	18.75	OK
6	140	2.43	4.53	18.75	OK
7	150	2.05	3.85	18.75	OK
8	160	1.76	3.31	18.75	OK
9	170	1.52	2.88	18.75	OK

Tabel 4.29. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi perkantoran (koefisien momen).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	45.05	79.95	18.75	Not OK
2	100	26.18	47.16	18.75	Not OK
3	110	15.22	27.74	18.75	Not OK
4	120	8.94	16.45	18.75	OK
5	130	5.35	9.91	18.75	OK
6	140	3.24	6.04	18.75	OK
7	150	2.61	4.90	18.75	OK
8	160	2.22	4.18	18.75	OK
9	170	1.90	3.60	18.75	OK

Tabel 4.30. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi perpustakaan (koefisien momen).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	79.14	140.46	18.75	Not OK
2	100	50.12	90.29	18.75	Not OK
3	110	31.38	57.19	18.75	Not OK
4	120	19.46	35.80	18.75	Not OK
5	130	12.05	22.33	18.75	Not OK
6	140	7.51	14.01	18.75	OK
7	150	4.74	8.89	18.75	OK
8	160	3.05	5.74	18.75	OK
9	170	2.36	4.47	18.75	OK

Tabel 4.31. Kontrol lendutan ijin maksimum pada fungsi auditorium (koefisien momen).

NO.	TEBAL PELAT (mm)	LENDUTAN SEKETIKA (mm)	LENDUTAN JANGKA PANJANG (mm)	LENDUTAN IJIN (mm)	KET
1	90	101.39	179.95	18.75	Not OK
2	100	67.00	120.70	18.75	Not OK
3	110	43.86	79.94	18.75	Not OK
4	120	28.32	52.10	18.75	Not OK
5	130	18.10	33.55	18.75	Not OK
6	140	11.53	21.51	18.75	Not OK
7	150	7.38	13.85	18.75	OK
8	160	4.78	9.00	18.75	OK
9	170	3.13	5.93	18.75	OK

Perhitungan dengan menggunakan program bantu analisis struktur dan koefisien momen, menghasilkan tebal pelat yang optimal dan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.32. Ketebalan pelat menerus satu arah yang didapat dari penelitian.

Jenis Komponen Struktur	Fungsi Bangunan	Tebal optimal dari perhitungan dengan program analisis struktur (mm)	Tebal optimal dari perhitungan dengan koefisien momen (mm)	Tebal Minimum (mm) SNI 03-2847-2002*
Pelat menerus satu arah.	Rumah Tinggal Sederhana	110	110	140
	Perkantoran	120	120	
	Perpustakaan	140	140	
	Auditorium	150	150	

* Sumber tabel 8 SNI 03-2847-2002.

Tebal 140mm didapatkan dari ketentuan pada tabel 8 SNI 03-2847-2002 bahwasanya tebal minimum pelat satu arah (satu ujung menerus) jika lendutan tidak dihitung adalah $L/24$, dan jika f_y selain 400MPa maka harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$. Sehingga jika bentang yang dipakai adalah 4500mm dan $f_y = 240MPa$ maka ketebalan minimumnya sebesar 140mm.

KESIMPULAN

- Perubahan lendutan seketika yang terjadi semakin berkurang akibat perubahan dimensi dari tebal pelat 90mm sampai dengan 170mm, prosentase penurunan lendutan seketika yang terjadi adalah 15% - 75%, sedangkan prosentase penurunan lendutan jangka panjang berkisar antara 15% - 72%. Hal ini mengidentifikasi bahwasanya semakin tebal pelat maka inersia penampang pelat akan semakin besar, jika inersia penampangnya semakin besar maka pelat akan semakin kaku, dan jika pelat semakin kaku maka lendutan yang terjadi maka akan semakin kecil. Selisih antara lendutan seketika dan lendutan jangka panjang yang terjadi pada model penelitian ini berkisar antara 44% - 47% dengan menggunakan faktor ketergantungan waktu ζ sebesar 2,0 untuk jangka waktu lebih dari 5 tahun.
- Perbedaan fungsi dari sebuah bangunan dapat mempengaruhi nilai lendutan yang terjadi dikarenakan pengaruh beban hidup yang berbeda, pada penelitian ini menggunakan variasi beban hidup : $Q_{LL} = 125kg/m^2, 250kg/m^2, 400kg/m^2,$ dan $500kg/m^2$, Kenaikan lendutan seketika pada model pelat akibat beban hidup yang berbeda berkisar antara 25% -146%. sedangkan pada lendutan jangka panjang yang terjadi pada model pelat dengan beban hidup yang berbeda adalah 25% - 146%. Fungsi bangunan dengan beban hidup yang berbeda memiliki pengaruh terhadap lendutan seketika maupun lendutan jangka panjang, semakin besar beban hidup yang diberikan maka lendutan yang terjadi akan semakin besar.
- Perhitungan dengan menggunakan program bantu analisis struktur dan koefisien momen, menghasilkan tebal yang optimal untuk rumah tinggal sederhana = 110mm, perkantoran = 120mm, perpustakaan = 140mm dan auditorium = 150mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2008. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*, Yogyakarta: Bumi Aksara.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Deflection_engineering diakses tanggal 20 September 2013.
- Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri 1*, Jakarta: Erlangga.

*Studi Pengaruh Tebal Pelat Terhadap Lendutan Pelat Menerus
Ditinjau Dari Fungsi Bangunan*

- Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri 2*, Jakarta: Erlangga.
- Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri 3*, Jakarta: Erlangga.
- Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri 4*, Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E. G. 2005. *Reinforced Concrete A Fundamental Approach*, New Jersey: Pearson Education.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*, Surabaya: Srikandi.
- Rachmat, Purwono, dkk. 2007. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Surabaya: ITS Press.
- Tim Penyusun. 2006. *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi UNESA*. Surabaya: UNESA Press.
- Wang, Chu-Kia dan Salmon, Charles G. 1990. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Wang, Chu-Kia dan Salmon, Charles G. 1990. *Desain Beton Bertulang Jilid 2*, Jakarta: Erlangga.
- Wiyono, R. Daud dan Trisina, William. 2013. Analisis Lendutan Seketika dan Lendutan Jangka Panjang Pada Struktur Balok. *Jurnal Teknik Sipil, (Online)*, Vol. 9, No. 1, (<http://www.google.com>, diakses 20 Oktober 2013).

